

esa dimensión, el valor que posee, y gestionar políticas de protección para ellas, permitiendo de esta manera que futuras generaciones puedan disfrutar de ellas y de otras que correspondan al periodo republicano y contemporáneo, tan igual como se valoran las manifestaciones del periodo colonial y prehispánico, en esa perspectiva esperamos que el presente estudio contribuya.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Cuadra, M. (2010).** Arquitectura en América Latina: Perú, Bolivia, Ecuador y Chile en los siglos XIX y XX., Perú, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Kubler, G. (1953). Cuzco, reconstrucción de la ciudad y restauración de sus monumentos, Informe de la misión enviada por la UNESCO en 1951 por George Kubler. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000012/001212sb.pdf>

**Renique, J., (1987)** "Kausachun Qosqo" La lucha del Cusco por la descentralización y el desarrollo regional (1900-1985), Perú, Lima: CEPES.

**Martuccelli, E., (2000)**, Arquitectura para una ciudad fragmentada. Ideas, proyectos y edificios en la Lima del siglo XX., Perú, Lima: Universidad Ricardo Palma.

**Samanez, R., (2013).** El terremoto que afectó al Cusco en 1950 y los aportes de George A. Kubler. En R. Calvo. (Ed), El centro histórico del Cusco. Consideraciones para la renovación de su gestión (PP. 145-160). Perú, Cusco: Ministerio de Cultura.

## Revisión hemerográfica

**Hemeroteca de la Biblioteca Municipal del Cusco, Diario el Comercio – Cuzco**  
Desde el nº 11,852, del domingo 1º de enero de 1950, hasta el nº 13,854, del lunes 31 de diciembre de 1956.

**Hemeroteca de la Biblioteca Central de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Diario el Sol**  
Desde el nº 13072, Cuzco, 24 de agosto de 1950, hasta el nº 13593, Cuzco, miércoles 2 de julio de 1952.

## CORRESPONDENCIA

### CARLOS AUGUSTO SOTO CASTILLO

Arquitecto por la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Maestría en Arquitectura: teoría, historia y crítica, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

Maestría en proyectos de arquitectura y urbanismo por la Universidad Internacional Iberoamericana de México.

Ha ejercido la docencia en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco en los cursos de diseño arquitectónico e historia y actualmente es docente en la Universidad Andina del Cusco en los cursos de diseño y arquitectura Peruana.

[csoto@uandina.edu.pe](mailto:csoto@uandina.edu.pe)

## EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CÚPULA DE LA CATEDRAL DE TACNA Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

### STRUCTURAL EVALUATION OF THE CUPULA OF THE TACNA CATHEDRAL AND A REINFORCEMENT PROPOSAL

PRESENTADO : 10.05.18  
ACEPTADO : 26.10.18

CÉSAR JOSÉ AVENDAÑO JIHUALLANGA

## RESUMEN

La presente investigación tiene por finalidad contribuir con el planteamiento de la conservación de nuestro patrimonio histórico representado en este estudio por la Catedral de Tacna, realizando un análisis a la catedral con énfasis en la cúpula a través de un modelo en un software especializado, utilizando la herramienta de elementos finitos. Del análisis estructural realizado se llegó a determinar que la cúpula de la catedral de Tacna fallaría en diversos puntos, por lo que se propone el respectivo reforzamiento con el material Geosteel 2000, cuya inclusión en el modelo realizado nos da como resultado una mejora en su capacidad resistente. Finalmente se concluye que es necesario realizar un reforzamiento a la cúpula y el material propuesto cumple con la función de mejorar la capacidad resistente de la misma.

**PALABRAS CLAVES:** Análisis, cúpula, reforzamiento, edificación histórica.

## ABSTRACT

The purpose of this research is to contribute to the preservation of our historical heritage represented in this study by the Cathedral of Tacna, making an analysis of the cathedral with emphasis on the dome through a model in a specialized software, using the Finite element tool. From the structural analysis carried out, it was determined that the dome of the cathedral of Tacna would fail in several points, for which reason the respective reinforcement with the Geosteel 2000 material is proposed, whose inclusion in the model realized results in an improvement in its capacity resistant. Finally it is concluded that it is necessary to reinforce the dome and the proposed material fulfills the function of improving the resistant capacity of the same.

**KEYWORDS:** Analysis, dome, reinforcement, historical building.

## INTRODUCCIÓN

Bajo el gobierno de José Balta, debido al célebre contrato Dreyfus sobre la venta de varios millones de toneladas de guano para la agricultura europea, se llevaron a cabo varias obras públicas que aumentaron el progreso material y económico. A Tacna también le tocó su parte de bonanza económica, fue entonces que el gobierno aprobó un contrato con la prestigiosa firma francesa de Alejandro Gustavo Eiffel, para la construcción de la Catedral. El proyecto fue ejecutado por el ingeniero y arquitecto Polaco N. Miney y fue presupuestado en la suma de 200 000 soles de 48 peniques. La construcción fue iniciada el 6 de marzo de 1875, por el contratista ingeniero Carlos Petot, representante de la firma "Alejandro Gustavo Eiffel", bajo la dirección técnica del arquitecto Tadeo Strujemski. Se trataba de una obra monumental, según los planos del arquitecto Miney, al mismo tiempo una obra artística de interés religioso y ornamental. En varias revistas y periódicos se publicó una representación fotográfica de diseño conjunto. Tras diversos acontecimientos incluyendo la Guerra del Pacífico, y luego de la reincorporación de la ciudad de Tacna, el gobierno peruano reanuda la terminación de la catedral, el 17 de marzo de 1950. Después de 79 años transcurridos, el 28 de agosto de 1954, se terminó la construcción y fue inaugurada siendo obispo de la diócesis Carlos Alberto Arce Masías. (Cavagnaro, 2003)

**EL PROBLEMA.** Teniendo en cuenta la importancia histórica y el patrimonio cultural que representa la Catedral de Tacna se propone la siguiente investigación, con la finalidad de proponer una propuesta de solución para la conservación de la catedral. La Zona Sur de nuestro país presenta un alto riesgo por encontrarse en una zona altamente sísmica. Desde 1868 un sismo de gran magnitud no se ha registrado en la ciudad de Tacna. Según el Servicio Geológico de Estados Unidos advirtió que este silencio sísmico en el sur del Perú y en el extremo norte de Chile podría provocar un terremoto de magnitud 9 o 9.5 grados. En este

sentido, se analizó una edificación monumental e histórica representada por la Catedral de Tacna, específicamente se analizara la zona más vulnerable representada por la cúpula central, viendo cómo se comportara frente al sismo severo; ya que teniendo en cuenta la antigüedad de esta construcción es propensa a fallar si se somete a un sismo severo y dada su importancia arquitectónica, histórica y cultural de la ciudad de Tacna, en caso de presentar fallas, se planteará una alternativa de reforzamiento, para la cúpula.

**OBJETIVO GENERAL.** Realizar el análisis estructural de la Catedral de Tacna, haciendo énfasis en la zona más vulnerable representada por la cúpula central de la catedral y estimar su capacidad de resistencia y rigidez ante acciones sísmicas. Para luego realizar una propuesta de reforzamiento para la cúpula y mostrar su capacidad mejorada.

**HIPÓTESIS.** La zona más vulnerable de la catedral de Tacna que es la cúpula no soportará un sismo severo. Se podrá realizar una propuesta de reforzamiento para la cúpula, y se analizará su desempeño.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la estructura de la Catedral

Se podría describir que la catedral se encuentra dividida en dos tipos de sistemas estructurales bien definidos, El perímetro y las torres que están construidos con piedra de Cantería que fue la primera parte de la construcción previa a su paralización, y la segunda parte que fue construida en el año 1950, la cual está conformada por pórticos de Concretos Armado con una resistencia a la compresión y la parte de la cúpula central que también es de concreto armado con un concreto de  $f'c = 160 \text{ Kg/cm}^2$  y con acero grado 40 de  $f_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ . La parte de la estructura a analizar por lo tanto sería una estructura de pórticos y placas de concreto armado y la cúpula central también de concreto armado.



Figura 1 Vista de la Catedral concluida  
Fuente:  
<http://urbatorium.blogspot.pe/2016/08/la-catedral-de-tacna-una-historia-de.html>



Figura 2 Vista Interior de la Cúpula Central de la Catedral (Toma propia)



Figura 3. Plano Elevación Frontal de la Catedral de Tacna (Velasquez, 2004)

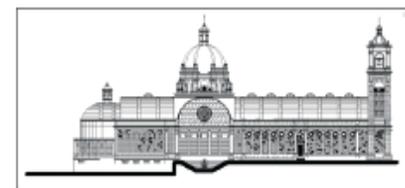


Figura 4. Plano Elevación Lateral de la Catedral de Tacna (Velasquez, 2004)

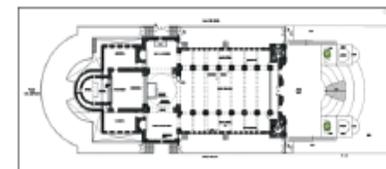


Figura 5 Plano Planta de la Catedral de Tacna (Velasquez, 2004)

## MATERIAL PROPUESTO PARA EL REFORZAMIENTO DE LA CUPULA DE LA CATEDRAL

### 3.7.1 GEOSTEEL 2000

([http://products.kerakoll.com/catalogo\\_dett.asp?idp=7387](http://products.kerakoll.com/catalogo_dett.asp?idp=7387))

La malla Geosteel 2000, es un producto de la fábrica Italiana KERAKOLL, consiste en un tejido en fibras de acero galvanizado para alta resistencia es un tejido unidireccional formado por micro-filamentos de alta resistencia de acero galvanizado, fijado en una microred de fibra vidrio que facilita las fases de instalación, opcionalmente instalable con matriz constituido por GeoLite o GeoLite Gel en función de los requisitos de diseño.

Sus propiedades son las siguientes:

- Alta durabilidad debido a la galvanización especial de los alambres de acero.
- Específico para refuerzos estructurales en acoplamiento.
- Tensible para la realización de refuerzos estructurales y principios activos.

### ■ Moldeable por medio de flexión

Los campos de aplicación son los siguientes:

- La adaptación o mejora de elementos estructurales estáticos y sísmicos de mampostería de ladrillo, piedra natural, hormigón o toba armado
- Consolidación de arcos, bóvedas y cúpulas de ladrillo, piedra natural o toba.
- Refuerzo de pandeo, corte y confinamiento de mampostería de ladrillos de yeso, piedra natural, toba o secciones de hormigón armado.
- Construcción de cumbre bordillos o reforzado mampostería.
- Confinamiento y envoltura de elementos estructurales en albañilería o de hormigón armado.

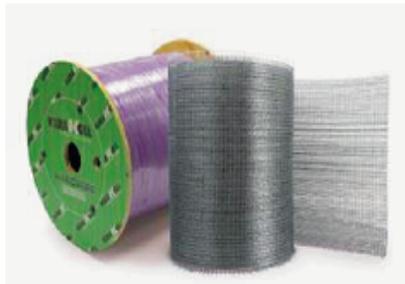


Fig. 6. Malla Geosteel 2000

Fuente: <http://products.kerakoll.com/gestione/immagini/prodotti/GeoSteel%20G2000%202014%20II%20EN.pdf>

### ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Se ha llegado a realizar el análisis en el software SAP 2000 Versión 19.1, con fines educacionales, es un software para el análisis de estructuras, en este caso se utilizó la opción de aplicar los elementos finitos a la estructura de la catedral que es de Concreto Armado, haciendo

énfasis a la cúpula central de la catedral, tomando como base los planos que se han podido obtener como fuente de información para la investigación.

### EDIFICACIÓN EVALUADA:

El edificio en estudio se encuentra en la ciudad de Tacna. Ubicado en el centro de la ciudad, en el paseo cívico. En el presente trabajo se analizarán las zonas débiles de las cúpulas y se propondrá un reforzamiento, la estructura de concreto armado consta de columnas en forma de "L", Cruz, vigas en arco, cúpula semiesférica, techos cilíndricos. El análisis se realizó según la norma vigente NTE E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Considerando las condiciones de suelo, las características de la estructura y las condiciones de uso, se utilizaron los siguientes parámetros sísmicos:

-Factor de Zona: Z=0.45 (Zona 4)  
 -Factor de Uso: U = 1.5 (Esencial)  
 -Factor de suelo: S = 1.05 (Intermedio)  
 -Periodo de la plataforma Tp=0.6  
 -Coeficiente de reducción Rx=6  
 -Coeficiente de reducción Ry=6

### CARGAS MUERTAS:

Peso Propio : 2400 kg/m<sup>3</sup>  
 Peso de los acabados : 100 Kg/m<sup>2</sup>

### CARGAS VIVAS:

Mantenimiento : 100 Kg/m<sup>2</sup>

Cabe mencionar que, para el análisis sísmico, las cargas vivas han sido reducidas al 50% en concordancia con la NTE E-030.

Se presenta el modelado de la catedral en la Figura 7.

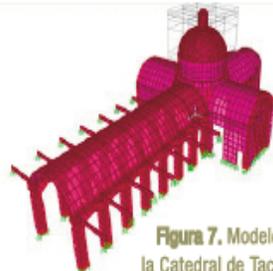


Figura 7. Modelo en Sap2000 de la Catedral de Tacna (Elab. Propia)

El sistema estructural está constituido por pórticos y muros estructurales. La configuración estructural se puede apreciar en planta, conformado por columnas en forma de "L" y cruz, vigas curvas, muros estructurales y cáscaras de concreto armado. El concreto armado está conformado por un concreto f'c=160 Kg/cm<sup>2</sup> y el acero de refuerzo grado 40 con un fy = 2800 Kg/cm<sup>2</sup>. Estas propiedades fueron ingresadas al software de análisis, tanto para el acero, concreto lineal y no lineal se usó como referencia las formulas y valores del texto Ottazi, 2004.

### ANÁLISIS POR CARGAS DE GRAVEDAD:

Las cargas de gravedad se dividen en dos categorías: Cargas Muertas y Cargas Vivas. Las cargas muertas comprenden el peso propio de columnas, vigas, placas, cúpulas (metrado automáticamente por software), peso propio de acabados y cargas vivas (que han sido asignadas manualmente en las cúpulas. Las cargas vivas utilizadas han sido asignadas según norma RNE-E.020.

### ANÁLISIS PARA CARGAS LATERALES:

**ANÁLISIS SÍSMICO:** Se modeló la estructura en el programa SAP2000 V. 19.1, donde se utilizó el método de elementos finitos para que el programa determine la fuerza lateral mediante un análisis sísmico dinámico. Se debe tener en cuenta que todos los nodos coincidan en el mallado que se realiza por elementos finitos.

**ANÁLISIS MODAL:** Se necesitaron 200 modos de vibración para que la estructura alcance la mínima masa participativa que requiere la norma de 90% para Desplazamientos en X y Y, y rotación en Z.

**ANÁLISIS ESTÁTICO:** El análisis sísmico estático se realiza para establecer la cortante basal mínima que debe utilizarse en el análisis dinámico (o en su defecto encontrar el factor de amplificación).

Ecuación para la cortante basal en cada dirección de análisis:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P$$

### ANÁLISIS DINÁMICO:

**ESPECTRO DE ANÁLISIS:**  
 Aceleración del espectro calculado según norma RNE-E.030 (RNE E.030 2016)

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g$$

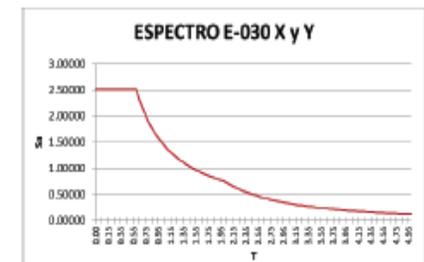


Figura 8. Espectro de Respuestas en el Sentido X-Y (E-030,2016)

### RESULTADOS DE DESPLAZAMIENTOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO

#### Desplazamientos X-X

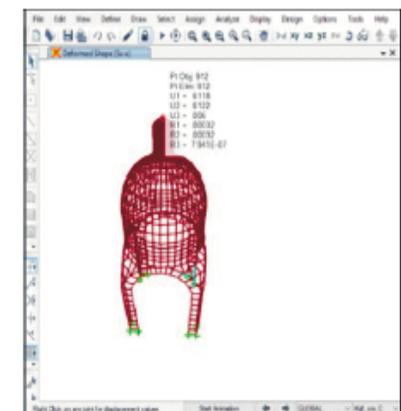


Figura 9. Desplazamientos en el sentido X-X (Elab. Propia)

## Desplazamientos Y-Y

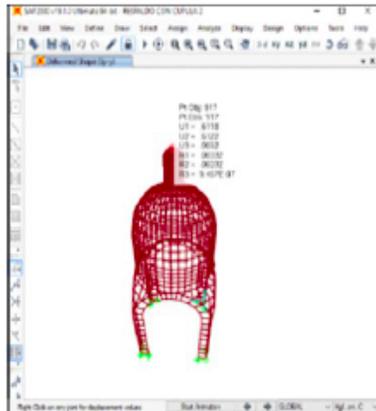


Figura 10 Desplazamientos en el sentido Y-Y (Elab. Propia)

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA CÚPULA

En los siguientes acápite se explicará de forma gráfica y literal la manera de interpretar los resultados que arroja el SAP 2000 para los elementos "Shell", lo cual se ha tomado del manual del programa SAP 2000.

## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS EN EL SAP2000 DE ELEMENTOS AREA (SHELL):

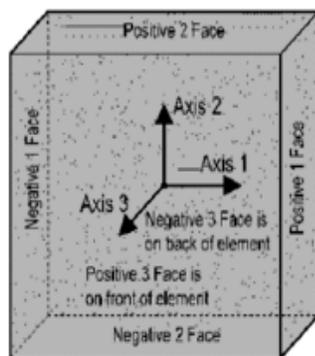


Figura 11 Ejes de elementos Shell (Manual SAP 2000)

Si bien se modela en 2 dimensiones los resultados como esfuerzos se toman en cuenta como en área que forma el elemento en cada una de sus caras. Cada cara es perpendicular al eje que se desea evaluar.

El programa entrega resultados de fuerzas normales, cortantes tangentes y cortantes transversales, que corresponden a valores entregados por elementos finitos tipo placa y membrana, un elemento Shell toma en cuenta todos los resultados.

Un elemento tipo membrana entrega resultados de fuerzas normales y cortantes tangenciales (F11, F22, F21, F12). Un elemento tipo placa entregará valores de cortantes transversales (V13, V23).

Por convención, el primer índice de cualquier fuerza indicará a la cara en la que se produce la fuerza y el segundo mostrará la dirección (eje). Por ejemplo F11, serán fuerzas normales por unidad de longitud (Fuerza/Longitud) que se producen en la cara 1 en la dirección del eje local 1.

En el caso de momentos la convención es que el primer número indica la cara donde se produce el momento y el segundo indica que eje gira dicho momento. Por ejemplo un M11 es el momento por unidad de longitud (Fuerza-Longitud-Longitud) que flexiona al eje 1.

## ESFUERZOS EN LA CÚPULA EN SAP 2000:

Para poder visualizar los esfuerzos en cada Shell debido al sismo de diseño de la norma E-030 tanto del acero y del concreto, vamos a la opción "DISPLAY SHELL STRESSES"

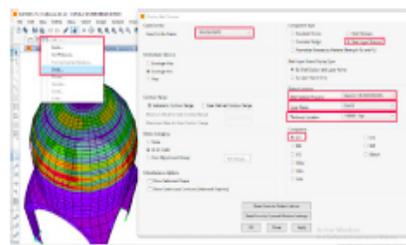


Figura 12 Esfuerzos en los elementos Shell de la cúpula

**CASE/COMBO NAME:** Con esta opción podemos visualizar el caso de carga que necesitamos, para nuestro caso queremos la envolvente de todas las combinaciones última para poder visualizar los esfuerzos máximos en la cúpula.

## PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

Se realizará la propuesta de reforzamiento realizando el modelado en SAP 2000, ingresando las propiedades de la malla GEOSTEEL G2000 de la fábrica italiana KERAKOLL, cuya ficha técnica se adjunta en anexos. Se realizará primero el diseño del acero de la cúpula con ayuda del SAP 2000, primero solo con el acero de refuerzo que tiene la cúpula y luego se realizará un análisis con el refuerzo GEOSTEEL G2000.

## GEOSTEEL G2000 REFORZAMIENTO:

Los siguientes datos fueron obtenidos de la ficha técnica de Geosteel G2000:

CARACTERÍSTICAS DEL GEOSTEEL G2000			
f <sub>y</sub> (resistencia última)	2800	MPA	20052.004 kg/cm <sup>2</sup>
E (Módulo de Elasticidad)	190	GPA	197740.804 kg/cm <sup>2</sup>
ε <sub>u</sub> (Deformación Última)	1.30%	%	0.023 cm/cm
Area del acero	0.538	mm <sup>2</sup>	0.00538 cm <sup>2</sup>
a" trafil/cm	4.72	fibra/cm	0.17 cm
diámetro	0.827649	mm	0.0827649 cm

## PROPIEDADES DE LA MALLA GEOSTEEL:

Se usó las siguientes propiedades:

Módulo de Elasticidad = 28552.054 kg/cm<sup>2</sup>

Peso por unidad de volumen = 7849 kg/cm<sup>3</sup>

Esfuerzo de fluencia = 28552.024 kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo último = 28552.024 kg/cm<sup>2</sup>

Se debe notar que el material no tiene esfuerzo de fluencia, es un material que se comportaría básicamente en forma lineal hasta su rotura que es a los 28552.054 Kg/cm<sup>2</sup> de esfuerzo.

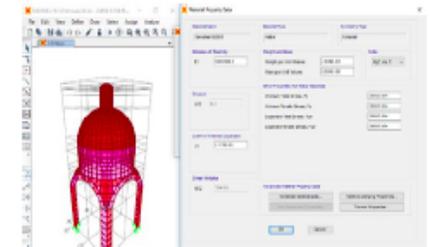


Figura 13 Propiedades de la malla Geosteel (Elab. Propia)

## PROPIEDADES DE LA MALLA GEOSTEEL: (No lineal)

Para el análisis no lineal se utilizó la curva esfuerzo deformación:

Módulo de Elasticidad = 28552.054 kg/cm<sup>2</sup>

Deformación unitaria última = 0.015

Esfuerzo de fluencia = 28552.024 kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo último = 28552.024 kg/cm<sup>2</sup>

Se puede observar que el material tendrá un comportamiento lineal, en compresión y tracción tendrá el mismo comportamiento.

## DEFINICIÓN DE PROPIEDADES SHELL DE LA CÚPULA:

### SHELL E=10 CM ACERO 3/8" @ 30CM SIN REFORZAMIENTO:

Definimos las propiedades tanto elásticas y no lineales de la cúpula, con la opción SHELL-LAYERED/NO LINEAR

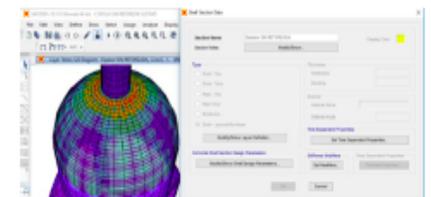


Figura 14 Vista de la edición de propiedades de la cúpula (Elab. Propia)

Se considera los aceros tanto tangenciales y radiales de la cúpula los cuales son de 3/8"@30cm en ambos casos en una capa de 10 cm, el cual insertaremos en el programa (Fig.15).

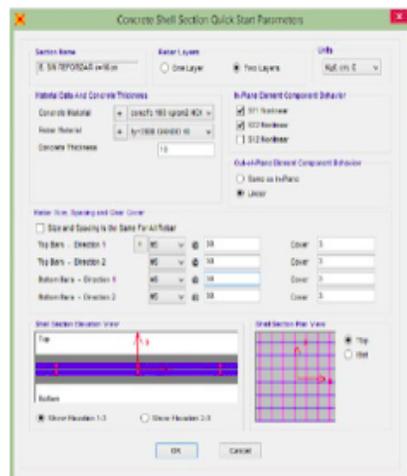


Figura 15 Ingreso de los aceros de refuerzo de la cúpula (Elab. Propia)

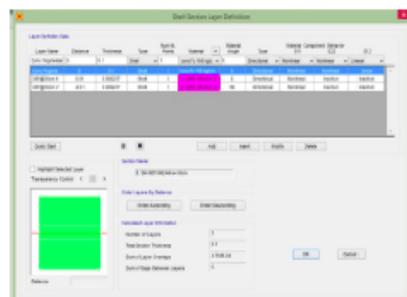


Figura 16 Propiedades de las capas en el Shell (Elab. Propia)

En la figura 16 se muestra las propiedades de las capas que utilizaremos en el Shell:

**Capa 01 : Concreto Hognestad.** Se asumirá que en S11 y S22 podrán entrar en el rango no lineal.

**Capa 02 : 3/8"@30cm Horizontal.** El acero podrá entrar en el rango no lineal solo en S11 porque son barras uniaxiales.

**Capa 03: 3/8"@30cm Vertical.** El acero podrá entrar en el rango no lineal solo en S11 porque son barras uniaxiales.

Se puede observar las capas insertadas al elemento Shell, los colores el verde indican el concreto no confinado (hognestad), y la línea turquesa representa el acero Grado 40 que la sección contiene.

**SHELL E=10 cm ACERO 3/8"@30CM CON REFORZAMIENTO GEOSTEEL G2000:**

Definimos las propiedades tanto elásticas y no lineales de la cúpula, con la opción SHELL-LAYERED/NO LINEAR adicionando las propiedades de la malla Geostell G2000. Se pondrá los aceros tanto tangenciales y radiales de la cúpula los cuales son de 3/8"@30cm en ambos casos en una capa de 10 cm, y las mallas del GEOSTEEL G2000 0.00538 (cm<sup>2</sup>) @0.17cm en la parte superior de la cúpula, lo cual insertamos en el programa (Fig.17)

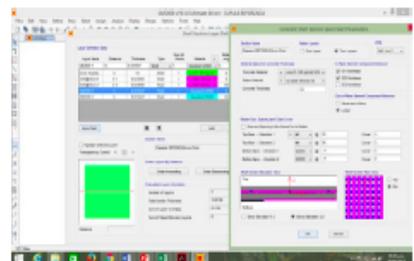


Figura 17 Creación de la capa Geosteel en software (Elab. Propia)

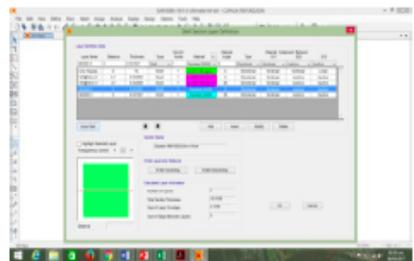


Figura 18 Propiedades de las capas en el Shell con reforzamiento (Elab. Propia)

En la figura 18 se muestra las propiedades de las capas que utilizaremos en el Shell, incluyendo el reforzamiento Geosteel G2000:

**Capa 01 : Concreto Hognestad.** Se asumirá que en S11 y S22 podrán entrar en el rango no lineal.

**Capa 02 : 3/8"@30cm Horizontal.** El acero podrá entrar en el rango no lineal solo en S11 porque son barras uniaxiales.

**Capa 03 : 3/8"@30cm Vertical.** El acero podrá entrar en el rango no lineal solo en S11 porque son barras uniaxiales.

**Capa 04: 0.00538(cm<sup>2</sup>) @0.17cm Horizontal.** El refuerzo podrá entrar en el rango no lineal solo en S11 porque son barras uniaxiales (malla Geosteel).

**Capa 05: 0.00538(cm<sup>2</sup>) @0.17cm Vertical.** El refuerzo podrá entrar en el rango no lineal solo en S11 porque son barras uniaxiales (malla Geosteel).

**RESULTADOS**

A continuación se muestran los resultados debidamente tabulados y comparados tanto el análisis sin reforzamiento y con reforzamiento en las siguientes tablas:

**TABLA 1**  
**Tabulación de Resultados en unidades**

COMP	CÚPULA SIN REFORZAMIENTO (Kg/cm <sup>2</sup> )			CÚPULA CON REFORZAMIENTO (Kg/cm <sup>2</sup> )			GEOSTEEL (Kg/cm <sup>2</sup> )
	TOP (Concreto)	BOTTOM (Concreto)	MED (Acero)	TOP (Concreto)	BOTTOM (Concreto)	MED (Acero)	
S11	169.92	196.71	216.42	-14.53	-12.62	68.16	153.99
S22	164.93	211.2	209.79	-35.35	-28.19	29.01	210.89

Fuente : Elaboración Propia

En la tabla 1 se puede apreciar los resultados de forma comparativa apreciando los resultados de los esfuerzos sin reforzamiento y con reforzamiento asimismo los esfuerzos presentados en la malla de reforzamiento, todo ello en las unidades de kg/cm<sup>2</sup>.

**TABLA 2**  
**Tabulación de Resultados en porcentajes**

COMP	CÚPULA SIN REFORZAMIENTO (Kg/cm <sup>2</sup> )			CÚPULA CON REFORZAMIENTO (Kg/cm <sup>2</sup> )			GEOSTEEL (Kg/cm <sup>2</sup> )
	TOP (Concreto)	BOTTOM (Concreto)	MED (Acero)	TOP (Concreto)	BOTTOM (Concreto)	MED (Acero)	
S11	169.92	196.71	216.42	91.46%	93.59%	68.51%	0.54%
S22	164.93	211.2	209.79	78.57%	86.65%	86.17%	0.73%

Fuente : Elaboración Propia

En la tabla 2 se puede apreciar los resultados de forma comparativa apreciando los resultados de los esfuerzos sin reforzamiento y con reforzamiento asimismo los esfuerzos presentados en la malla de reforzamiento, pero en porcentajes para una mejor percepción e interpretación.

**DISCUSIÓN**

Se realizó un análisis estructural a la Catedral de Tacna, del cual se obtuvo que la zona de la cúpula fallará ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, no se ha podido encontrar investigaciones similares para poder realizar comparaciones, pero de los resultados obtenidos se puede observar que la capacidad resistente de la cúpula mejora con la inclusión del reforzamiento propuesto. La presente investigación puede servir como antecedente para futuras investigaciones que puedan complementar la presente intervención.

**CONCLUSIONES**

- Luego de haber realizado el análisis estructural se observa que la cúpula falla cuando se somete a un sismo severo, de acuerdo a la simulación realizada.
- Se puede aplicar un reforzamiento por medio de mallas, de fabricación italiana GEOSTELL 2000, incluyendo sus propiedades al modelo realizado, siendo factible para la Catedral de Tacna.
- De acuerdo a los resultados del análisis estructural, se colocaran los reforzamientos en las zonas más esforzadas en la cúpula, cuyos gráficos se muestran en las imágenes

correspondientes, tanto para las zonas con más esfuerzo en el concreto y acero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Cavagnaro L. (2003)** "Desarrollo urbano y arquitectónico de Tacna (1536 - 1880)". Universidad Privada de Tacna.

**Olarte J., Proaño R., Scaletti H., Torres M., Zavala C.** Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Catedral del Cusco.

**Ottazi G. (2004)** "Apuntes del Curso Concreto Armado - Quinta Edición", Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

**Página web de la empresa KERAKOLL.**  
<http://www.kerakoll.com/es/home?lang=es>

**Reglamento Nacional de Edificaciones,** actualización del año 2016 de la norma Estructuras E.030.

**Velásquez, J. (2004)** "Levantamiento Arquitectónico y Digitalización de los Planos de la Tipología de Viviendas de Tacna y de la Catedral de Tacna". Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Privada de Tacna.

## CORRESPONDENCIA

Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

Docente de Pregrado área de estructuras, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna.

[neo\\_ceav@hotmail.com](mailto:neo_ceav@hotmail.com)

## INFORMACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS REVISTA ARQUITEK 2018 II

### A. DE LOS PARTICIPANTES:

Participan en la revista Arquitek, en calidad de invitados, académicos de reconocida trayectoria de prestigiosas universidades o instituciones del ámbito nacional e internacional.

### B. CARACTERÍSTICAS DEL ARTÍCULO:

- 1) Ser originales, preferentemente que aborden problemas locales, nacionales e internacionales y que tengan rigurosidad científica.
- 2) Deberán presentar artículos de investigación concluidas.
- 3) El deberá estar digitado en Word y podrá presentar en formato digital enviarlo al correo electrónico [arquitek@upt.pe](mailto:arquitek@upt.pe).
- 4) Enviar los archivos del artículo separando textos, figuras, tablas y gráficos, en alta resolución.
- 5) Dividir el texto en dos columnas, posterior al título del artículo y el nombre del investigador, considerando:

Tamaño de hoja : A4  
Extensión : 10 hojas  
Tipo de fuente : Times New Roman/ Calibri  
Tamaño de fuente : 12 puntos

### C. CRONOGRAMA

RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS	REVISIÓN DE ARTÍCULOS	DIAGRAMACIÓN	PUBLICACIÓN
07 setiembre	08 – 19 de octubre	24– 31 octubre	5 noviembre
		DIAGRAMACIÓN	ENVÍO A CONCYTEC

El cronograma será evaluado constantemente por el comité editor.

Espacio interlineal : 1.5 líneas  
Sin espacios entre párrafos.  
Figuras :JPG  
(alta resolución)

- 6) Los trabajos deben seguir el siguiente orden:

- Resumen
- Abstract
- Introducción
- Materiales y Métodos
- Desarrollo
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones
- Referencias Bibliográficas

Datos del investigador/Correspondencia

- Nombre (s) de autor (es)
- Dirección electrónica
- Teléfono
- Dirección física
- Incluir antecedentes del artículo

(si es parte de una tesis, de una investigación personal o institución, de pregrado o posgrado, etc). No debe superar una extensión de 4 líneas. 5. Las referencias bibliográficas deben seguir el formato de la American Psychological Association (APA).

